

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-282354
 (43)Date of publication of application : 29.10.1993

(51)Int. Cl. G06F 15/353
 G01R 23/16
 G09G 5/36
 // G01R 13/20

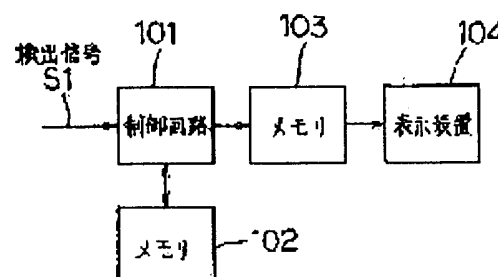
(21)Application number : 04-080754 (71)Applicant : ADVANTEST CORP
 (22)Date of filing : 02.04.1992 (72)Inventor : NAGANO MASAO

(54) INTERPOLATING METHOD AND WAVEFORM DISPLAY DEVICE USING INTERPOLATING METHOD CONCERNED

(57) Abstract:

PURPOSE: To reduce the manufacturing cost, and to execute a waveform display at a high speed by constituting the device so that an interpolating function is derived in advance, and an interpolating point is determined by only a simple products sum calculation when discrete data is given.

CONSTITUTION: A memory 102 stores an interpolation coefficient corresponding to a degree of interpolation as a table. When a detection signal S1 is inputted, a controller 101 recognizes a fact measured points (actual points) are 0-N points from its contents, and executes an interpolating operation. First of all, a number of X is put as '1', and when it is confirmed that a number of X is smaller than N, an interpolating point between a measured point '-' and a measured point '1' is derived by substituting measured data in an interpolating function provided in the memory 102, and stored in a memory 103. Thereafter, by adding '1' to a present number of X, interpolating points between respective measured points is derived. When a number of X becomes N, and it is confirmed that the operation of interpolation between respective measured points is all over, data stored in the memory 103 is outputted to a display device 104.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2000 Japanese Patent Office

*** NOTICES ***

The Japanese Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] the result which carried out the approximation of function of the periodic data in the interpolation technique for interpolating between the dispersed data obtained periodically, and the above -- the interpolation function with which it differs for every interpolating point between dispersed data, and it is expressed from the number of the interpolating points between dispersed data by the sum of products with dispersed data -- respectively -- asking -- the above -- the interpolation technique characterized by to compute the interpolating point between dispersed data by substituting dispersed data for each interpolation function

[Claim 2] The interpolation technique characterized by performing the interpolation operation which treated the interpolating point between the dispersed data for which it was asked as periodic data in the interpolation technique according to claim 1.

[Claim 3] In the wave display which inputs the dispersed measurement data obtained periodically, and interpolates and displays between these measurement data The 1st memory which memorizes the interpolation function with which it differs for every interpolating point between measurement data, and is expressed by the sum of products with measurement data from the result which carried out the approximation of function of the periodic data, and the number of the interpolating points between the aforementioned measurement data, The 2nd memory which memorizes the image data for a display, and the display which displays a picture image according to the content of storage of the above 2nd, Wave display characterized by having the control unit which computes the interpolating point between dispersed data and is stored in the 2nd aforementioned storage as data for image display by substituting the inputted measurement data for each interpolation function which the 1st aforementioned memory memorizes.

[Translation done.]

* NOTICES *

The Japanese Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] this invention relates to the wave display by the wave method of presentation and this method of presentation for changing a dispersed data point into a continuous slanting kana wave.

[0002]

[Description of the Prior Art] As the interpolation technique for changing into a continuous slanting kana wave the dispersed data point which consists of a dispersed actual point, a Lagrange's interpolation method and the interpolation of a spline are known conventionally.

[0003] Also in any of these interpolation, the computing type is complicated and computational complexity also became [many]. For example, when interpolating the dispersed data point by the Lagrange's interpolation method by the n-th order, it is necessary to subtract and add once [$2n^2+3n+1$] by performing a multiplication $2n^2+2n$ times.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] All of the conventional interpolation technique mentioned above have the complicated computing type, and computational complexity is also big. Therefore, in constituting wave display by such interpolation technique, a large-scale memory apparatus and a high-speed operation element are needed, and there is a trouble where a manufacturing cost will become high. Moreover, there is a trouble where the numerousness of the computational complexity becomes the failure of improvement in the speed of a wave display.

[0005] this invention is made in view of the trouble which a prior art which was mentioned above has, a manufacturing cost can be made low, and it aims at realizing wave display by the interpolation technique and this method of performing a wave display at high speed.

[0006]

[Means for Solving the Problem] the result which carried out the approximation of function of the periodic data in the interpolation technique for the interpolation technique of this invention interpolating between the dispersed data obtained periodically, and the above -- the interpolation function with which it differs for every interpolating point between dispersed data, and is expressed from the number of the interpolating points between dispersed data by the sum of products with dispersed data -- respectively -- asking -- the above -- the interpolating point between dispersed data computes by substituting dispersed data for each interpolation function

[0007] In this case, you may perform the interpolation operation which treated the interpolating point between the dispersed data for which it was asked as again periodic data.

[0008] Moreover, the wave display of this invention inputs the dispersed measurement data obtained periodically, and sets it to the wave display which interpolates and displays between these measurement data. The 1st memory which memorizes the interpolation function with which it differs for every interpolating point between measurement data, and is expressed by the sum of products with measurement data from the result which carried out the approximation of function of the periodic data, and the number of the interpolating points between the aforementioned measurement data, The 2nd memory which memorizes the image data for a display, and the display which displays a picture image according to the content of storage of the above 2nd, By substituting the inputted measurement data for each interpolation function which the 1st aforementioned memory memorizes, the interpolating point between dispersed data is computed and it has the control unit stored in the 2nd aforementioned storage as data for image display.

[0009]

[Function] By asking for the interpolation function beforehand, when dispersed data are given, an interpolating point becomes settled only by simple sum-of-products calculation. Equipment can be constituted, without this needing a large-scale memory apparatus and a high-speed operation element.

[0010]

[Example] Next, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

[0011] Drawing 1 is a block diagram showing the important section configuration of one example of this invention.

[0012] this example shows the image display equipment built into a spectrum analyzer, and consists of the memory 102 and the display 104 which are the control circuit 101 which is a control unit, the memory 101 which is the 1st memory, and the 2nd memory which memorizes the image data for a display. Memory 102 memorizes the coefficient for interpolation according to the degree to interpolate as a table, and a control unit 101 interpolates the detecting signal S1 obtained by measurement according to the content of the table memorized by memory 102, and outputs it to the memory 102 for image display. The image data interpolated according to the content of the table which the data for image display which memory 102 memorizes are supplied to display 104, and is memorized by memory 102 is displayed.

[0013] The principle of the interpolation in this example is explained below.

Array $y[]$ [... (2) exists and it is [0014].] = $(y_{-1}, \text{ and } \{y_0, y_1, y_2\})$; ... (3 order function $f(x)$ which passes these noting that 1) exists) = ax^3+bx^2+cx+d (a, b, c, and d are a constant)

[Equation 1]

$$\left. \begin{array}{l} f(-1) = y_{-1} \\ f(0) = y_0 \\ f(1) = y_1 \\ f(2) = y_2 \end{array} \right\} \dots (3)$$

Supposing it comes out, $f(x)$ will serve as the interpolation polynomial of array $y[]$, and representation of $f(x)$ will be attained by y_{-1} , and $\{y_0, y_1, y_2\}$. (2) It is [0015], when a formula is transformed and it changes into the product of a row vector and a column vector.

[Equation 2]

$$f(x) = (a \quad b \quad c \quad d) \begin{pmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{pmatrix} \dots (2)'$$

It is [0016], when it becomes and $x=-1$, and 0, 1 and 2 are substituted for (3) formulas.

[Equation 3]

$$\left. \begin{array}{l} f(-1) = y_{-1} = -a + b - c + d \\ f(0) = y_0 = a + b + c + d \\ f(1) = y_1 = 8a + 4b + 2c + d \\ f(2) = y_2 = 8a + 4b + 2c + d \end{array} \right\} \dots (4)$$

It becomes. It is [0017] when this is expressed in procession.

[Equation 4]

$$(a \quad b \quad c \quad d) \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} = (y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2) \dots (5)$$

It becomes. From this, it is [0018].

[Equation 5]

$$(a \quad b \quad c \quad d) = (y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2) \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}^{-1} \dots (6)$$

It is [0019] when this is substituted for (2)' formula.

[Equation 6]

$$f(x) = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 8 \\ -1 & 0 & 1 & 4 \\ -1 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

***** (7) Two product of matrices on the right-hand side of a formula serve as the column vector of four line one train. If the value of x is determined beforehand, a numeric value will be decided, without being concerned with the value of y-1, and y0, y1 and y2, and it will become the weighting vector over y-1, and [y0, y1, y2]. It is [0020] when this is set to [A B C D].

[Equation 7]

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 8 \\ -1 & 0 & 1 & 4 \\ -1 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

The interpolation [become and] function in this case is [0021] from (7) formulas.

[Equation 8]

$$f(x) = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} \\ = y_{-1} * A + y_0 * B + y_1 * C + y_2 * D \quad \dots (9)$$

It becomes. Although each above-mentioned formula is approximated with the 3rd function, when it approximates with the n-th function, (8) formulas and (9) formulas deform as follows.

[0022]

[Equation 9]

$$\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ \vdots \\ A_{n-1} \\ A_n \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \{k_0\}^{n-1} & \{k_1\}^{n-1} & \dots & \{k_1\}^{n-1} & \dots & \{k_n\}^{n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (k_0) & (k_1) & \dots & (k_i) & \dots & (k_n) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x^n \\ x^{n-1} \\ \vdots \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8')$$

$$f(x) = \sum_{i=0}^n (y_i * A_i) \quad \text{ただし, } i=0..n, \quad k_i = k_0 + i, \quad f(k_i) = y_i \quad \text{とする。}$$

The memory 102 in this example about all X of $0 \leq X \leq 1$ which becomes settled with the number of the points of interpolating between actual points (-- nine --) -- a formula -- [-- or -- (-- nine --) -- ' -- a formula --] -- having solved -- a result -- it is -- A -- B -- C -- D -- [-- or -- A -- zero - An --] -- each -- a value -- a table -- ***** -- memorizing -- a thing -- it is -- in order that a control unit 101 may perform an interpolation using the table which memory 102 memorizes -- simple sum of products -- 4 time [-- or it only n+ 1 time] carries out, and the interpolation value is calculated

[0023] Drawing 2 is drawing for explaining the interpolation operation by this example.

[0024] The case where between the arbitrary elements of array data $y[x]; x=0 - \text{the } N$ (N is an integer), $y[n]$, and its following element $y[n+1]$ is interpolated is explained.

a part of array $y[x]$ ($x=n-1$ to $n+2$) -- $y=f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$, if a basing-on formula (8) and (9) weighting coefficient A, and B, C and D are beforehand calculated when approximated with the 3rd function $f(x)=Ax[n-1]+Bxy[n]+Cxy[n+1]+Dxy[n+2]$... (10) is calculated

[0025] When the number of the points of interpolating between actual points is set to 3, each [calculate beforehand A, B, C, and D corresponding to $x=1/4, 2/4$, and $3/4$, and / each / in A1, B1, C1, D1, A2, B-2, C2, D2, A3 B3, C3 and D3, then this case] interpolation function is [0026].

[Equation 10]

$$\begin{aligned} f(1/4) &= A_1 * y[n-1] + B_1 * y[n] + C_1 * y[n+1] + D_1 * y[n+2] \\ f(2/4) &= A_2 * y[n-1] + B_2 * y[n] + C_2 * y[n+1] + D_2 * y[n+2] \\ f(3/4) &= A_3 * y[n-1] + B_3 * y[n] + C_3 * y[n+1] + D_3 * y[n+2] \end{aligned}$$

It becomes and three interpolating points between element $y[n]$ $[n+1]$ are computed. When performing the interpolation of the other sections, an interpolating point is computed like the above by moving in order the element hung on each weighting coefficient.

[0027] With an oscilloscope, "the actual point" in the example explained above is sampling data for every fixed time, and shows the sampling data for every constant frequency in a spectrum analyzer. Also in these any, since sampling data are what is obtained periodically, they can be treated as an integer, and they can perform an interpolation which was mentioned above.

[0028] According to the technique of this invention explained above, in the $2n^2+2n$ multiplication needed in the conventional Lagrange's-interpolation method, and $2n^2+3n+1$ time addition and subtraction, the same result can be obtained by $n+1$ a multiplication and n addition and subtraction, and high-speed interpolation processing is attained.

[0029] Drawing 3 is a flow chart which shows the interpolation operation which a control unit performs with the image display equipment shown in drawing 1.

[0030] The interpolation operation performed in this example approximates array $y[x]$ with the 3rd function, and is taken as array $y'[x]$ which inserted three interpolating points between actual points. The control unit 101 and the memory 102 are equipped with the interpolation function in this case from a system design parameter, and the interpolation using this is performed in them.

[0031] If a detecting signal $S1$ is inputted, as for a control unit 101, point of measurement (actual point) will recognize that it is 0-N points from the content of input data (step S301). Next, although a interpolation operation is performed, it checks whether the number of x which placed the number of x with 1 (step S302), and was first placed at this step S302 is below N (step S303). The interpolation function with which memory 102 is beforehand equipped if it checks that the number of x is below N [0032]

[Equation 11]

$$\begin{aligned} y'[x+4] &= y[x] \\ y'[x+4+1] &= A_1 * y[x-1] + B_1 * y[x] + C_1 * y[x+1] + D_1 * y[x+2] \\ y'[x+4+2] &= A_2 * y[x-1] + B_2 * y[x] + C_2 * y[x+1] + D_2 * y[x+2] \\ y'[x+4+3] &= A_3 * y[x-1] + B_3 * y[x] + C_3 * y[x+1] + D_3 * y[x+2] \end{aligned}$$

It is alike, measurement data is substituted, the interpolating point between point of measurement 0 and the point of measurement 1 is searched for, and memory 103 is made to memorize the result (step S304). Then, 1 is added to the number of the present x (step S306), the operation which returns to step S303 again is repeated, and the interpolating point between each point of measurement is searched for. The number of x serves as N , and if it checks that all the interpolations between each point of measurement have been performed, it will end by making the data memorized by memory 103 output to display 104, and displaying array $y'[x]$ (step S306).

[0033] In the above explanation, although explained as a thing which is interpolated between actual points and which asks for a interpolation function for every point, since it is what performs an interpolation about periodic data in the technique of this invention, an interpolating point can be increased by repeating and using a interpolation function, using the point acquired by the interpolation as periodic data. For example, if the number of the points of interpolating between actual points is set to 2, although the interpolating point of $x=1/2$ will be searched for, even if it can search for easily the interpolating point of $x=1/4$, and $3/4$ using this interpolating point and the interpolation function at this time and it makes such a interpolation operation perform to the display shown in drawing 1, naturally it is good.

[0034] In addition, by the interpolation technique by this invention, although the number of data needed for a interpolation operation is determined by the degree of an approximation function, when the data needed for measurement data do not exist, it can compensate by extrapolating and, also in such a case, the interpolation technique by this invention can be used.

[0035]

[Effect of the Invention] Since this invention is constituted as explained above, it does so an effect which is indicated below.

[0036] In technique according to claim 1, since an interpolating point can be acquired by simple sum-of-products calculation, a manufacturing cost can be made low and it is effective in the ability to perform a wave display at high speed.

[0037] In technique according to claim 2, since an interpolating point new as canon is acquired in the acquired

interpolating point, an interpolation can be performed efficiently.

[0038] In a thing according to claim 3, there is an effect which can be used as the wave display equipped with each above-mentioned effect.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-282354

(43)公開日 平成5年(1993)10月29日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/353		8320-5L		
G 0 1 R 23/16	D	8803-2G		
G 0 9 G 5/38		9177-5G		
// G 0 1 R 13/20	T	8203-2G		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-80754

(22)出願日 平成4年(1992)4月2日

(71)出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72)発明者 長野 昌生

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会

社アドバンテスト内

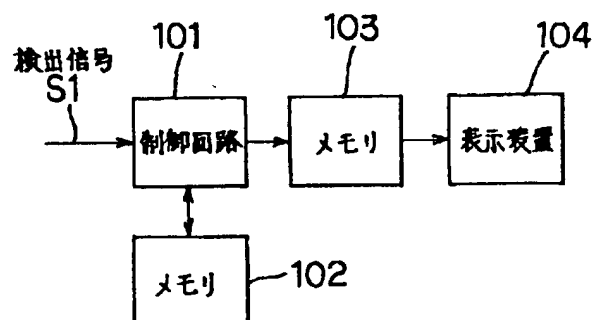
(74)代理人 弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 補間方法および該補間方法を用いた波形表示装置

(57)【要約】

【目的】 製造コストを低くすることができ、波形表示を高速に行うことのできる補間方法および該方法による波形表示装置を実現すること。

【構成】 周期的に得られる離散的なデータの間を補間するための補間方法において、周期的なデータを関数近似した結果と前記離散的なデータの間を補間点の数とから、離散的なデータの間を補間点毎に異なり、離散的なデータとの積和によって表される補間関数をそれぞれ求め、前記離散的なデータを各補間関数に代入することにより離散的なデータの間を補間点を算出することを特徴とする補間方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期的に得られる離散的なデータの間を補間するための補間方法において、周期的なデータを関数近似した結果と前記離散的なデータの間を補間点の数とから、離散的なデータの間を補間点毎に異なり、離散的なデータとの積和によって表される補間関数をそれぞれ求め、前記離散的なデータを各補間関数に代入することにより離散的なデータの間を補間点を算出することを特徴とする補間方法。

【請求項2】 請求項1記載の補間方法において、求められた離散的なデータの間を補間点を周期的なデータとして扱った補間動作を行うことを特徴とする補間方法。

【請求項3】 周期的に得られる離散的な測定データを入力し、該測定データの間を補間して表示する波形表示装置において、周期的なデータを関数近似した結果と前記測定データの間を補間点の数とから、測定データの間を補間点毎に異なり、測定データとの積和によって表される補間関数を記憶する第1のメモリと、表示用の画像データを記憶する第2のメモリと、前記第2の記憶内容に応じて画像を表示する表示装置と、入力された測定データを前記第1のメモリが記憶する各補間関数に代入することにより離散的なデータの間を補間点を算出し、前記第2の記憶装置に画像表示用のデータとして記憶させる制御装置とを有することを特徴とする波形表示装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は離散的な波形データを、連続的ななめらかな波形に変換するための波形表示方法と、該表示方法による波形表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 離散的な実際の点からなる離散的な波形データを、連続的ななめらかな波形に変換するための補間方法としては、ラグランジュの補間法やスプラインの補間法が従来より知られている。

【0003】 これらの補間法のいずれにおいても、その演算方式は複雑であり、計算量も多いものとなっていた。例えば、ラグランジュの補間法によつての離散的な波形データを n 次で補間する場合には、乗算を $2n^2 + 2n$ 回行い、加減算を $2n^2 + 3n + 1$ 回行う必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の補間方法のいずれも演算方式が複雑であり、計算量も大きなものである。したがって、このような補間方法によって波形表示装置を構成する場合には大規模なメモリ装置や高

速な演算素子が必要となり、製造コストが高いものになるという問題点がある。また、その計算量の多さが波形表示の高速化の障害になるという問題点がある。

【0005】 本発明は上述したような従来の技術が有する問題点に鑑みてなされたものであって、製造コストを低くすることができ、波形表示を高速に行うことのできる補間方法および該方法による波形表示装置を実現することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の補間方法は、周期的に得られる離散的なデータの間を補間するための補間方法において、周期的なデータを関数近似した結果と前記離散的なデータの間を補間点の数とから、離散的なデータの間を補間点毎に異なり、離散的なデータとの積和によって表される補間関数をそれぞれ求め、前記離散的なデータを各補間関数に代入することにより離散的なデータの間を補間点を算出する。

【0007】 この場合、求められた離散的なデータの間を補間点を再び周期的なデータとして扱った補間動作を行ってもよい。

【0008】 また、本発明の波形表示装置は、周期的に得られる離散的な測定データを入力し、該測定データの間を補間して表示する波形表示装置において、周期的なデータを関数近似した結果と前記測定データの間を補間点の数とから、測定データの間を補間点毎に異なり、測定データとの積和によって表される補間関数を記憶する第1のメモリと、表示用の画像データを記憶する第2のメモリと、前記第2の記憶内容に応じて画像を表示する表示装置と、入力された測定データを前記第1のメモリが記憶する各補間関数に代入することにより離散的なデータの間を補間点を算出し、前記第2の記憶装置に画像表示用のデータとして記憶させる制御装置とを有する。

【0009】

【作用】 補間関数を予め求めておくことにより、離散的なデータが与えられたときには単純な積和計算のみで補間点が定まる。これにより、大規模なメモリ装置や高速な演算素子が必要とすることなく装置を構成することができる。

【0010】

【実施例】 次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0011】 図1は本発明の一実施例の要部構成を示すブロック図である。

【0012】 本実施例はスペクトラムアナライザに組み込まれる画像表示装置を示すもので、制御装置である制御回路101、第1のメモリであるメモリ101、表示用の画像データを記憶する第2のメモリであるメモリ102および表示装置104から構成されている。メモリ102は補間する回数に応じた補間用の係数をテーブルとして記憶するもので、制御装置101は測定によって

得られた検出信号S1をメモリ102に記憶されるテーブルの内容に応じて補間し、画像表示用のメモリ102へ出力する。メモリ102が記憶する画像表示用のデータは表示装置104へ供給されてメモリ102に記憶されるテーブルの内容に応じて補間された画像データが表

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (a, b, c, d \text{ は定数}) \quad \dots (2)$$

が存在し、

【0014】

【数1】

$$\left. \begin{aligned} f(-1) &= y_{-1} \\ f(0) &= y_0 \\ f(1) &= y_1 \\ f(2) &= y_2 \end{aligned} \right\} \quad \dots (3)$$

$$f(x) = (a \quad b \quad c \quad d) \begin{bmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (2')$$

となり、 $x = -1, 0, 1, 2$ を(3)式に代入すると

【0016】

$$\left. \begin{aligned} f(-1) &= y_{-1} = -a + b - c + d \\ f(0) &= y_0 = a + b + c + d \\ f(1) &= y_1 = 8a + 4b + 2c + d \\ f(2) &= y_2 = 8a + 4b + 2c + d \end{aligned} \right\} \quad \dots (4)$$

となる。これを行列で表現すると、

【0017】

$$(a \quad b \quad c \quad d) \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \quad \dots (5)$$

となる。これより、

【0018】

$$(a \quad b \quad c \quad d) = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (6)$$

これを(2)'式に代入すると

【0019】

$$f(x) = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

が得られる。(7)式の右側の2つの行列の積は4行1列の列ベクトルとなる。 x の値が予め決定していると、 y_{-1}, y_0, y_1, y_2 の値に関わらずに数値が確定し、 $[y_{-1}, y_0, y_1, y_2]$ に対する重み付けベクトルとなる。これを $[A \quad B \quad C \quad D]$ とすると、

【0020】

【数7】

示される。

【0013】本実施例における補間法の原理について以下に説明する。

配列 $y[] = \{y_{-1}, y_0, y_1, y_2\}; \dots (1)$

が存在するとしてこれらを通過する3次関数

であるとする、 $f(x)$ は配列 $y[]$ の補間多項式となり、 $f(x)$ は $\{y_{-1}, y_0, y_1, y_2\}$ によって表現可能となる。(2)式を変形して行ベクトルと列ベクトルの積に変換すると、

【0015】

【数2】

【数3】

【数4】

【数5】

【数6】

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x^3 \\ x^2 \\ x \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

となり、この場合における補間関数は、(7)式より

【0021】

【数8】

$$f(x) = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2] \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} \\ = y_{-1} * A + y_0 * B + y_1 * C + y_2 * D \quad \dots (9)$$

となる。上記の各式は3次関数にて近似したものであるが、n次の関数で近似する場合、(8)式および(9)式は以下のように変形される。

【0022】

【数9】

$$\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ \vdots \\ A_{n-1} \\ A_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{k_0\}^{n-1} & \{k_1\}^{n-1} & \cdots & \{k_{n-1}\}^{n-1} & \cdots & \{k_n\}^{n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \{k_0\} & \{k_1\} & \cdots & \{k_{n-1}\} & \cdots & \{k_n\} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_{n-1} \\ x_n \\ \vdots \\ x_1 \\ x_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$f(x) = \sum_{i=0}^n (y_i * A_i) \quad \text{ただし、} i=0..n, \quad k_i = k_0 + i, \quad f(k_i) = y_i \quad \text{とする。}$$

本実施例におけるメモリ102は、実際の点間に補間される点の数によって定まる $0 \leq X \leq 1$ の全てのXについて、(9)式〔または(9)'式〕を解いた結果であるA、B、C、D〔または $A_0 \sim A_n$ 〕の各値をテーブルとして記憶するもので、制御装置101はメモリ102が記憶するテーブルを用いて補間を行うため、単純な積和を4回〔または $n+1$ 回〕行うだけで、補間値を求めている。

【0023】図2は本実施例による補間動作を説明するための図である。

【0024】配列データ $y[x]$ ； $x=0 \sim N$ （Nは整数）のうちの任意の要素、 $y[n]$ とその次の要素 $y[n+1]$ の間を補間する場合について説明する。

$$f(1/4) = A_1 * y[n-1] + B_1 * y[n] + C_1 * y[n+1] + D_1 * y[n+2] \\ f(2/4) = A_2 * y[n-1] + B_2 * y[n] + C_2 * y[n+1] + D_2 * y[n+2] \\ f(3/4) = A_3 * y[n-1] + B_3 * y[n] + C_3 * y[n+1] + D_3 * y[n+2]$$

となり、要素 $y[n]$ 、 $y[n+1]$ の間の3つの補間点が算出される。この他の区間の補間を行う場合には、各重み付け係数に掛けられる要素を順繰りに移動させることによって上記と同様に補間点が算出される。

【0027】以上説明した実施例における「実際の点」は、例えば、オシロスコープでは一定時間毎のサンプリングデータであり、スペクトラムアナライザにおいては一定周波数毎のサンプリングデータを示すものである。これらのいずれにおいても、サンプリングデータは周期的に得られるものであるために整数として扱うことができ、上述したような補間を行うことができる。

【0028】以上説明した本発明の方法によれば、従来のラグランジェの補間法において必要とされた $2n^2 + 2n$ 回の乗算、 $2n^2 + 3n + 1$ 回加減算を $n+1$ 回の乗算と n 回の加減算で同様の結果を得ることができ、高速な補間処理が可能となる。

【0029】図3は図1に示した画像表示装置にて制御

配列 $y[x]$ の一部分（ $x=n-1 \sim n+2$ ）を $y=f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$ なる3次関数で近似した場合、式(8)、(9)によるの重み付け係数A、B、C、Dを予め求めておく、

$f(x) = A \times [n-1] + B \times y[n] + C \times y[n+1] + D \times y[n+2] \dots (10)$ が求められる。

【0025】実際の点間に補間される点の数を3とすると、 $x=1/4, 2/4, 3/4$ に対応するA、B、C、Dを予め求めておき、それぞれを $A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2, A_3, B_3, C_3, D_3$ とすれば、この場合における各補間関数は、

【0026】

【数10】

装置が行う補間動作を示すフローチャートである。

【0030】本実施例において行われる補間動作は、配列 $y[x]$ を3次関数で近似し、実際の点間に3つの補間点を挿入した配列 $y'[x]$ とするものである。制御装置101およびメモリ102には、この場合の補間関数がシステム設計段階から装備され、これを用いた補間が行われる。

【0031】検出信号S1が入力されると、制御装置101は入力データ内容から、測定点（実際の点）が $0 \sim N$ 点であることを認識する（ステップS301）。次に、補間動作を行うが、まず、 x の数を1と置き（ステップS302）、該ステップS302にて置いた x の数がN以下であるかを確認する（ステップS303）。 x の数がN以下であることを確認すると、予めメモリ102に装備されている補間関数

【0032】

【数11】

$$\begin{aligned}
 y'[x+4] &= y[x] \\
 y'[x+4+1] &= A_1 \cdot y[x-1] + B_1 \cdot y[x] + C_1 \cdot y[x+1] + D_1 \cdot y[x+2] \\
 y'[x+4+2] &= A_2 \cdot y[x-1] + B_2 \cdot y[x] + C_2 \cdot y[x+1] + D_2 \cdot y[x+2] \\
 y'[x+4+3] &= A_3 \cdot y[x-1] + B_3 \cdot y[x] + C_3 \cdot y[x+1] + D_3 \cdot y[x+2]
 \end{aligned}$$

に測定データを代入して測定点0と測定点1との間の補間点を求め、その結果をメモリ103に記憶させる(ステップS304)。この後、現在のxの数に1を加え(ステップS306)、再度ステップS303に戻る動作を繰り返し、各測定点の間の補間点を求める。xの数がNとなり、各測定点間の補間が全て行われたことを確認すると、メモリ103に記憶されているデータを表示装置104へ出力させ、配列 $y'[x]$ を表示させて(ステップS306)終了する。

【0033】以上の説明においては、実際の点間に補間される点毎に補間関数を求めるものとして説明したが、本発明の方法においては周期的なデータについて補間を行うものであるため、補間によって得られた点を周期的なデータとして用い、補間関数を反復して用いることによって補間点を増加することができる。例えば、実際の点間に補間される点の数を2とすると、 $x=1/2$ の補間点が求められるが、該補間点およびこのときの補間関数を用いて $x=1/4, 3/4$ の補間点を容易に求めることができ、このような補間動作を図1に示した表示装置に行わせても当然よい。

【0034】なお、本発明による補間方法では、補間動作に必要とされるデータ数は、近似関数の次数によって決定されるが、測定データに必要とされるデータが存在しない場合には、外挿することによって補うことができ、本発明による補間方法はこのような場合にも用いることができる。

【0035】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0036】請求項1に記載の方法においては、単純な積和計算によって補間点を得ることができるため、製造コストを低くすることができ、波形表示を高速に行うことができる効果がある。

【0037】請求項2に記載の方法においては、得られた補間点を規準として新たな補間点が得られるため、効率よく補間を行うことができる。

【0038】請求項3に記載のものにおいては、上記の各効果を備えた波形表示装置とすることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の要部構成を示すブロック図である。

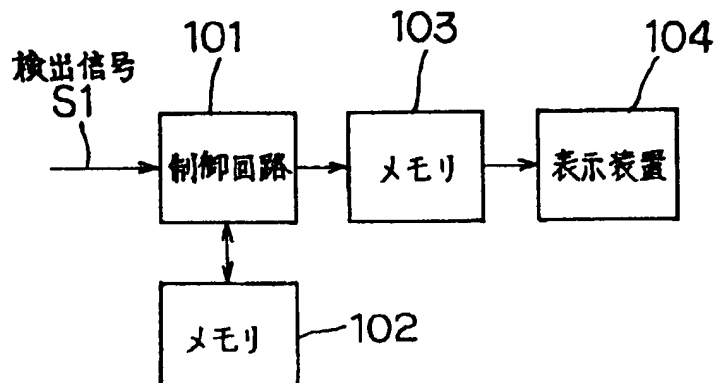
【図2】本発明による補間動作を説明するための図である。

【図3】図1に示した画像表示装置にて制御装置が行う補間動作を示すフローチャートである。

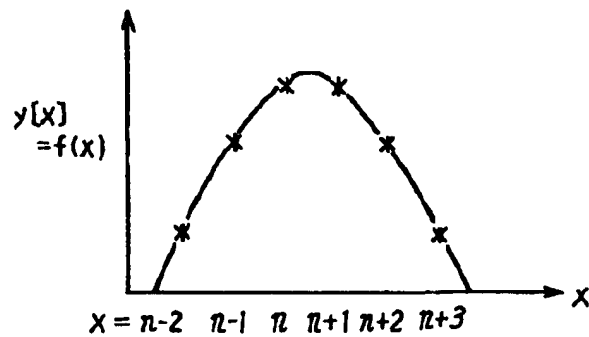
【符号の説明】

101 制御回路
102, 103 メモリ
104 表示装置
S1 検出信号
S301~S306 ステップ

【図1】



【図2】



【図3】

